

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
ODRŽIVI RAZVOJ

KARMEN VARGA

KOGENERACIJA U BABINOJ GREDI

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2019.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

KARMEN VARGA

KOGENERACIJA U BABINOJ GREDI  
COGENERATION IN BABINA GREDA

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:

dr. sc. Silvija Zeman, pred.

ČAKOVEC, 2019.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svima koji su mi svojim stručnim znanje, informacijama i savjetima pripomogli kod pisanja ovog završnog rada. Posebno se zahvaljujem svojoj mentorici dr. sc. Silviji Zeman koja mi je omogućila da pišem o ovako bitnoj temi te me usmjeravala i davala konstantnu podršku u pisanju ovog rada. Zahvaljujem se i poduzeću Uni Viridas iz Babine grede koji su mi ustupili mnogo informacija vezano za njihov pogon te način rada samog kogeneracijskog postrojenja te također bez njih nebi bilo moguće, zahvaljujem se i lokalnim poduzećima za projektiranje strojarskih sustava koji su mi ustupili materijale i pobliže objasnili proces kogeneracije kroz neke druge projekte.

## **Sažetak**

*U današnjem svijetu jedan od najvažnijih čimbenika i pokretača svega je energija. Upravo iz tog razloga razvile su se brojne činjenice i znanstvene grane koje proučavaju dobivanje i iskorištavanje energije, između ostaloga energija koja se sve više koristi je energija dobivena iz Biomase, u Hrvatskoj se sve više priča o tome, te sve više kućanstava prelaze na iskorištavanje energije iz biomase dok velike tvornice i pogoni koriste kogeneracijska postrojenja preko kojih imaju značajan povrat investicije i iskorištavanje svojih otpada.*

*U sadržaju svog završnog rada detaljno ću opisati način rada kogeneracijskog postrojenja, opisati vrste biomase, ponajviše se dotaknuti drvne biomase koja je najviše zastupljena u Hrvatskoj, proces nastajanja biomase kroz shematski prikaz objasniti ORC proces i kako sagorijevanjem biomase dobivamo električnu, toplinsku i rashladnu energiju, navesti prednosti i nedostatke korištenja energije biomase te na koji način se može sagorijevati, skladištiti i nakraju fotosintezom vratiti, dotaknut ću se i same kotlovnice kogeneracijskog postrojenja na biomasu gdje ću objasniti proces prijenosa topline i energije od kotla pa kroz cijeli cijevni razvod i armaturu koja se nalazi u kotlovnici. također vrijedi istaknuti koje potencijale imamo od biomase u Hrvatskoj koja je sama po sebi bogata biomasom a većina naših tvornica umjesto za svoju korist tu energiju izvozi u članice EU gdje ju drugi koriste u ovakvim postrojenjima. U Drugom dijelu završnog rada ću opisati pogon elektrane na biomasu u Babinoj gredi Uni Viridas d.o.o. u čijem je vlasništvu Dala Investment Eood, Energira solutione d.o.o., Unit Investment NV. Uvidom u pogon i dostupnu dokumentaciju opisat će se proces od ulaska sirovine (biomase) u proces obrade, pa do konačnog produkta (električne i toplinske energije) pojašnjenja rada turbina, parnog bubnja, peći te ekonomajzera. Prikazom ovoga postrojenja kao i mnogih drugih sličnih u svijetu vidimo na koji način otpad možemo pretvoriti u korisno i kvalitetno gorivo. Na kraju će se opisati postupak sušenja drvne građe koja uključuje trideset i dvije komore za sušenje drva (sušare) koje su smještene na pogonu poduzeća Uni Viridas d.o.o. te su u cijelo godišnjem korištenju.*

**Ključne riječi:** *Biomasa, kogeneracija, energija, obnovljivi izvori, sječka, toplina*

## **Summary**

*In today's world, one of the most important factors and originator of all is energy. For this very reason numerous facts and sciences are studying the acquisition and exploitation of energy. Amongst other things the energy that is being used more and more is the energy obtained from biomass. Croatia is increasingly talking about it, and many households move to the exploitation of energy from biomass, while large factories and plants use cogeneration plants through which they have a significant return of investment and exploitation of their waste. In the contents of my final work I will describe in detail how cogeneration plant works, describe the types of biomass, the most popular in Croatia is wood biomass. I will also talk about process of biomass formation through the schematic depicting the ORC process and how by burning the biomass we get electricity, heat and cooling, to indicate the advantages and disadvantages of using biomass energy and how to burn, store and reverse the photosynthesis. I will also talk about boiler room of the cogeneration plant on biomass where I will explain the process of transferring heat and energy. It is also worth pointing out what potential we have from biomass in Croatia which is itself rich in biomass and most of our factories instead of using biomass for their own benefit, they export this energy to EU members where others use it in such facilities. In the second part of my final paper I will describe the power plant of biomass in Babina Greda. Inspecting the plant and from the available documentation I will describe the process of entering the raw material into the processing process, to the final product (Electric and thermal energy), operation of the turbine, steam drum, Economizer and etc. by showing this plant as well as many other similar in the Croatia we can see how waste can be turned into useful and high-quality fuel. In the end I will describe drying process in thirty-two drying chambers (Driers) located at the premises of the company Uni Viridas LLC. They are used all year.*

**Key Words:** Biomass, cogeneration, Energy, Renewable sources, Chip, Heat

# Sadržaj

UVOD	5
Proces nastajanja biomase	8
Drvena biomasa	11
Utjecaj biomase na okoliš	13
Prednosti i nedostaci biomase kao goriva	15
KOGENERACIJA	19
PREDNOSTI KOGENERACIJE	20
KOGENERACIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ- OPIS POSTROJENJA	22
Lika Energo Eko – Moderator d.o.o. (Udbina, Hrvatska)	22
Uni Viridas, Babina greda	24
Pilana Cedar (Vrbovsko Eko Energija) – Vrbovsko	25
KOTLOVNICA	27
Kotao	27
Parni bubanj	29
Peć	30
Ekonomajzer (zagrijač vode)	31
Pregrijač pare	32
Puhači čađe	33
Cjevovod i armatura kotlovnice	34
TURBINE	35
Parna turbina	35
Generator turbine	36
Generator	37
Sustav za uvođenje pare	38
Rezervni generator	38
TIJEK SIROVINA KROZ POGON	39
SUŠARE	41
ZAKLJUČAK	42
LITERATURA	43
TABLICA SLIKA	44

## UVOD

Otkada su ljudi otkrili vatru i toplinu, glavni cilj im je bio pronaći načine na koje se mogu lakše i bolje ugrijati, dobiti energiju za pripremu namirnica, rad ili posao. Istina je da su ljudi oduvijek resurse za to pronalazili u prirodi. Tako su u početku za grijanje koristili lišće, drveće i granje, a kasnije su ljudi počeli graditi peći na drva kako bi zadržali tu toplinu. Zatim su došli do spoznaje da tu istu toplinu iz peći mogu iskoristiti za kuhanje namirnica. Možemo slobodno reći kako je, na neki način biomasa, kao takva, oduvijek bila izvor energije za čovjeka i za njegove primarne potrebe.

Kasnije su ljudi počeli iskorištavati elemente iz prirode za proizvodnju i prodaju energije, pa su tako započeli sa sječom šuma, gradnjom velikih postrojenja ugljenokopa i naftnih platformi. S vremenom se došlo do spoznaje da su zapravo svi ti načini iskorištavanja i pronalazaka energije štetni za samu prirodu i okolinu, stoga je važno da se pronađe alternativa za to. Upravo zbog toga su ljudi počeli poticati razvoj iskorištavanja izvora obnovljive energije poput sunca, vjetra, energije biomase i otpada.

Upravo ova posljednje navedena mogućnost, energija biomase i otpada, je tema ovog završnog rada.

Biomasa je gorivo obnovljivog i održivog izvora energije koje se koristi za stvaranje električne i toplinske energije. Kasnije kroz rad ću pokušati prikazati koje sve vrste biomase postoje, na koji način nastaje biomasa i koji je utjecaj biomase na prirodu, ali i kolika je njegova štetnost. Detaljno ću prikazati proces iskorištavanja biomase kroz kogeneracijska postrojenja, primarne tehnologije pretvorbe biomase u energiju i proći kroz pogon kotlovnice. U kotlovnici proces nastanka energije počinje u komorama za sagorijevanje. Tu pronalazimo razne vrste plamenika i pokretača, peći i kotlova koji ovise o vrsti biomase koja se koristi, ekonomajzera, pregrijača pare. Proces se nastavlja uvođenjem pare u parnu turbinu, prolaskom kroz generator turbine, a konačni rezultat jest dobivena energija. Energija se, kao takva, može iskoristiti na različite načine; može je se raspodijeliti i dalje prodati ili čak iskoristiti u svrhu pogona za sušare za drva.

Također, kroz ovaj rad će biti opisani svi segmenti postrojenja popraćeni fotografijama iz samih pogona, i to u nekoliko kogeneracijskih postrojenja kako bi se jasno mogla uočiti razlika između konstrukcije i organizacije rada pojedinih kogeneracija.

## **BIOMASA**

Izraz biomasa odnosi se na organske materijale. Jedan od načina na koji nastaje biomasa jest preko hranidbenog lanca; biljke koje životinje pojedu, putem probavnog trakta prolaze kroz razne kemijske procese koji omogućuju životinjama energiju, a produkt tih procesa je izmet. Na kraju se tako nastala biomasa može manifestirati kao energija u svakodnevnom životu, ali samo ako se provede kroz proces izgaranja kojim se oslobađa ugljični dioksid pohranjen u biomasi.

Najpopularniji oblik biomase na svjetskom tržištu trenutno je u drvnim proizvodima i drvnom otpadu u koji spadaju ostaci usjeva, piljevina, itd. (Slika 1.) Nadalje, energija biomase se smatra jednim od najpovoljnijih i najpopularnijih obnovljivih izvora energije koji se koriste u ovom trenutku.

Smatram kako je njena tzv. popularnost na tržištu tako visoka zbog niske cijene otpadne energije. Nažalost, koristi se u samo 15% svjetske populacije, najčešće za kuhanje i grijanje, ali vrlo često i za industrijsku energiju. Vjerujem kako će taj postotak u samo nekoliko desetljeća značajno porasti.





**Slika 1. Dovoz otpadne sječke na postrojenje Uni Viridas. [2]**

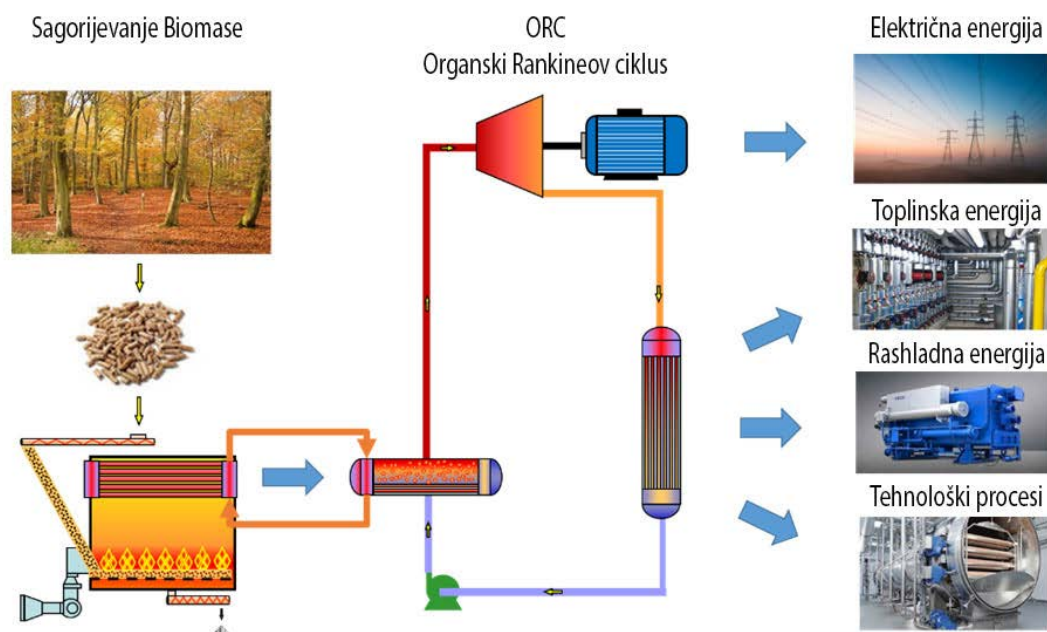
Gledano unazad nekoliko stoljeća, biomasa je bila pretvarana u energiju procesom djelomične pirolize u ugljen, dok je ugljen kasnije bio korišten u druge svrhe.

Drvo je i dalje jedan od glavnih izvora energije u kućanstvima i industriji. Drvena biomasa čini više od 10% primarne potrošnje energije u Europi. Naime, u industriji se koristi za podizanje pare koja se dalje koristi za proizvodnju električne energije. Trenutno su u razvoju i mali uređaji koji bi mogli proizvoditi električnu energiju na malim pogonima, što je jako dobra prilika za kućanstva. Nažalost, na to ćemo morati malo pričekati, budući da je ta tehnologija vrlo skupa i zasada nema očekivani povrat investicije. Ono što je pohvalno, jest činjenica da se biomasa koristi za proizvodnju energije u velikim količinama za potrebe

velikih industrijskih postrojenja, za vlastite potrebe postrojenja ili sa svrhom daljnje prodaje energije. [1].

## Proces nastajanja biomase

Prema definiciji, energija biomase nastaje spaljivanjem (sagorijevanjem) bilo koje organske tvari koja se koristi za gorivo. Primjer nekih tvari koje se koriste za sagorijevanje su: drvo, piljevina, kukuruz, kravlji gnoj, itd. Također, postoje mnogi procesi pretvaranja biomase u energiju (slika 2.).



Slika 2. Prikaz mogućnosti iskorištavanja biomase u obliku raznih energija. [3]

Najpoznatiji proces je spaljivanje; proces stvara toplinu koja se pretvara u energiju. Osnovna prednost biomase je da može koristiti toplinu bez potrebe da je se pretvara u drugi oblik energije kao što je recimo struja. Dakle, izravno se koristi toplina za stvar za koju je potrebna, poput grijanja doma ili zagrijavanja vode. Nadalje, ovaj oblik izravne topline se može koristiti u raznim proizvodnim postrojenjima, uredskim zgradama, a može se pretvoriti u električnu energiju.

Proces dopaljivanja je jedna od najmanje učinkovitih metoda jer se u tom procesu biomasa zamjenjuje sa 15-20% neke druge tvari radi smanjenja emisija od ugljena i smanjenja troškova rada. Zanimljivo je da je najčešća tvar kojom se zamjenjuje biomasa, upravo proso, vrsta žitarice. Logičnim slijedom možemo zaključiti da je proso zapravo jedna vrsta trave koja bi isto tako mogla poslužiti kao biomasa, a ne da služi kao zamjena. S jedne strane, smatraju je jako otpornom jer može izdržati suše, poplave, razne štetočine i loše uvjete zemlje. S druge strane, u svrhu korištenja u biomasi nije previše učinkovita jer se na taj način veliki dio proizvedene energije izbacuje.

Rasplinjavanje je proces koji koristi visoke temperature i kontrolira količinu kisika i pare pri pretvaranju ugljikovih materijala kao što su nafta, ugljen, biomasa i bio goriva. Ovaj proces proizvodi sintetičke plinove koji se mogu izravno spaliti, a može se koristiti i za stvaranje metanola i vodika, ili se dalje pretvoriti u sintetičko gorivo.

Piroliza nastaje kada se biomasa grije bez ikakvog kisika u komori; voda, drveni ugljen, katran, ulje i plinovi kao što su vodik, metan, ugljikov dioksid i ugljični monoksid su nusprodukti pirolize biomase.

Torofakacija je produkcija biomase pomoću topline u kemijskoj obradi, potrebna temperatura za taj proces je između 200-300 stupnjeva Celzijusa. Tijekom procesa, kisik i vlaga se uklanjaju ostavljajući ono što se naziva samo hlapiva tvar. Suviše hlapljive tvari se također uklanjaju za čišći oblik upotrebljive biomase. Suptilni hlapljivi sastojci mogu uključivati celulozu i druge biopolimere koji daju niz hlapljivih tvari dok se razgrađuju. Rezultat ovog procesa je suha i tamna kruta biomasa koja je poznata i kao bio-ugljen koji je najčešće oblikovan za prodaju u peletima ili briketima i spaljuje se u kućanstvima za potrebe grijanja ili kao gorivo u industriji. Bio-ugljen pri ispuštanju sadrži manje dima od ostalih goriva.

Postoje i procesi bez sagorijevanja koji isto tako mogu pretvoriti biomasu u sirovinu i različite oblike krutog goriva, plina i tekućine bez ikakve daljnje obrade. Budući da većina proizvoda biomase ima dovoljno ugljikohidrata sadržanih u svom sastavu, one se mogu reducirati na nekoliko različitih kemikalija koje se smatraju glavnim izvorima goriva.

Ulje biomase – kukuruz, šećerna trska, soja i druge obnovljive biljne vrste mogu se pretvoriti u tekuće oblike goriva i koristiti umjesto dizela i benzina. Ulja za kuhanje često se skupljaju iz restorana i recikliraju u bio dizel.

Fermentacija metana i alkohola- bez sagorijevanja biljaka zahtijeva zagrijavanje biljaka u nastojanju da se razbije kemijska struktura biljke. Neke od navedenih kemikalija mogu se izravno upotrijebiti, dok druge moraju biti podijeljene dalje kroz druge metode rafiniranja. Na primjer, korištenje metana zahtijeva plinifikaciju biomase da ekstrahira metan, prisiljavajući tako biljke da ga oslobode. Metan se zatim koristi u plinskom obliku za napajanje turbina koje proizvode električnu energiju. Metan se također pretvara u vodikovo gorivo koje se koristi za proizvodnju električne energije s vrlo malim emisijama.

Biokemijski fermentacijski proces – vjerujem da sama sintagma riječi „biokemijski fermentacijski proces“ zvuči pomalo neobično, budući da se fermentacija uglavnom povezuje s proizvodnjom likera, piva i vina, ali to je logičan način pretvorbe bioenergije. Naime, procesom fermentacije iz žitarica se dobiva etanol, a izlazni plin tog procesa je metan koji se može koristiti za proizvodnju električne energije.

Gorivo biomase, kao što je etanol, može proizvesti oko pet puta više energije, što ga čini ekonomski dobrim izvorom energije. Nedostatak je što se gorivo mora transportirati iz područja u kojem se odvija proizvodni proces, a samim time je i manje ekonomično zbog troškova transporta. Stoga je najbolje i najekonomičnije rješenje, koristiti energiju biomase na mjestu proizvodnje iste. To su mjesta poput farmi i zajednica, u neposrednoj blizini od mjesta proizvodnje i otpreme biomase [4].

## **Drvena biomasa**

Biomasa je skupni naziv za organsku tvar koja se koristi kao gorivo među organskim supstancama. Drvena biomasa dobivena je iz šuma, prašuma a koristi se i kao izvor drvnog goriva.

Biomasa kao drvo ima mnoge prednosti za okoliš, ukoliko je koristimo umjesto ostalih tradicionalnih fosilnih goriva. Glavna prednost je da je drvo obnovljivi resurs poput sunca, vode i vjetra, a samim time i održivi i pouzdani izvor energije. Nadalje, energija biomase drva, tijekom procesa sagorijevanja, ispušta mnogo manju količinu ugljičnog dioksida, za razliku od spaljivanja konvencionalnog fosilnog goriva. Shodno navedenim činjenicama, drvena biomasa ima sposobnost osiguravanja čisteg procesa gorenja (Slika 3.).

Valja naglasiti kako se već nekoliko desetljeća održava kontrola i proizvodnja drvne biomase, pa je postala značajan izvor obnovljivih izvora energije. Također, istodobno je nužna suradnja i kroz tehnike upravljanja šumama koje na taj način održavaju prirodnu okolinu.

Biomasa drva, kada se koristi kao gorivo, može se sigurno pohraniti i sačuvati u obliku trupaca ili komada bez ikakvog mogućeg gubitka energije. Količina energije koja se može proizvesti iz biomase drva ovisi o toplinskom sadržaju materijala kada je suha. Skladištenje drveta prije spaljivanja smanjuje sadržaj vlage čime se povećava njegova vrijednost grijanja, a samim time i njegova učinkovitost. Viša temperatura dobivena iz spaljivanja sušenog drva, također rezultira većom toplinom po jedinici težine sirovog drvnog goriva, što opet povećava učinkovitost drva.

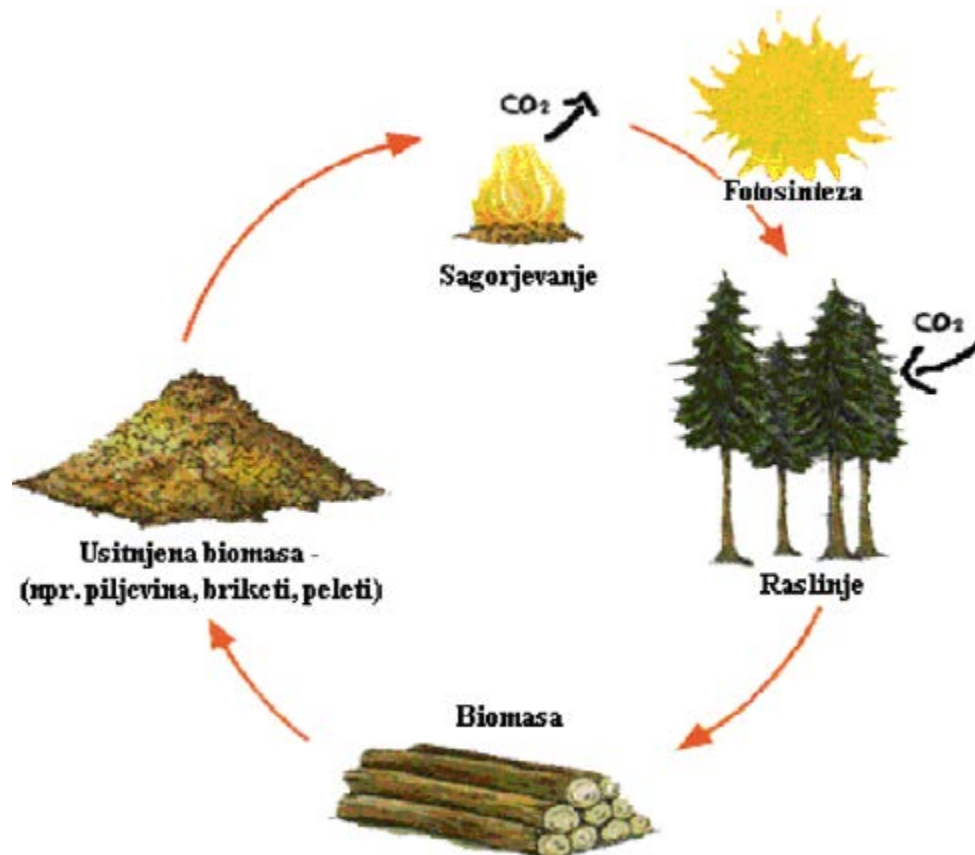
Drveno gorivo također sadrži minimalne količine sumpora i teških metala, stoga nije prijetnja za onečišćenje kisika u zraku. Drveno gorivo je grublje i sadrži više hlapivih sastojaka u usporedbi s ugljenom, što dovodi do potrebe za jeftinijim pećima i kotlovima za sagorijevanje. Stjenke peći izrađene su tako da su izrazito otporne i da se može spaljivati širi raspon i raznolikost biomase drva za toplinsku energiju.

Postoji nekoliko dostupnih goriva iz biomase drva koja se proizvode izravno iz drva ili drvnog otpada, a tu su uključeni:

- Trupci, drveće i debla
- Drvene strugotine, piljevina i otpaci od drva
- Drvene kore
- Drvene pelete i drvni briketi

Pri razmatranju specifičnih oblika drvene biomase za energiju ili drvnog oblika kao goriva za kuhanje i grijanje, važno je osigurati da kvaliteta i svojstva drvnog goriva odgovaraju odabranim aparatima.

Suvremeni kotlovi koji koriste drvo u procesima rasplinjavanja izvlače energiju koja se nalazi u drvu. Ukoliko je drvo previše mokro, na primjer, utoliko kotao neće raditi učinkovito. Najbolji način za postizanje preporučene vlage drva jest ispiliti drvo tijekom zime, a zatim ga sušiti preko ljeta, ako je mokro.



Slika 3. Proces biomase [5.]

Mali trupci i odrezani panjevi mogu se koristiti u otvorenim ložištima, zatvorenim pećima i ručnim kotlovima. Veličina potrebnih trupaca ovisi o uređaju, ali i kotlovima za rasplinjavanje biomase jer su prilagođeni za gorenje bilo koje drvene vrste, od piljevine do velikih komada drva. Polu-automatizirani kotlovi za loženje mogu normalno uzimati veće komade drveta što može smanjiti vrijeme pripreme i održavanje kotla. Kotlovi se obično pune ujutro kako bi mogli grijati dom ili spremnike tople vode [6].

### **Utjecaj biomase na okoliš**

Rezanje stabala kako bi se osiguralo gorivo za grijanje kuća i poslovnih objekata možda se u početku ne čini ekološki prihvatljivim. Međutim, veliki dio drvene sječe je kontroliranog uzgoja. Za njihovo upravljanje zaduženi su poljoprivrednici koji se bave uzgojem stabala ili drugih prikladnih usjeva kako bi proizvodili gorivo. Naime, oni proizvode samo onoliko biomase, s koliko je moguće upravljati u cjelokupnom životnom ciklusu.

Biomasa u velikim količinama može doći iz obnovljivog drva i biljnog materijala koji bi inače bio smatran otpadom. Korištenje drveta, bilo ono reciklirano ili izravno izrezano, zapravo se smatra vrlo održivim.

Druga ekološka razmatranja kod kotlova za biomasu su emisije koje proizvode vozila koja dostavljaju drveno gorivo. Uostalom, smatram da se obično drvo može nabaviti s lokalnog područja i na taj način zadržati minimalna emisija kod isporuke goriva, ali istovremeno i doprinijeti jačanju lokalnog gospodarstva. Štoviše, s obzirom da nekim silosima gorivo može trajati do godinu dana, ta se isporuka neće morati redovito održavati. Preporučljivo je uvijek provjeriti s dobavljačem goriva gdje je ono dobiveno ili proizvedeno, jer će to ublažiti nepotrebne troškove za okoliš, kao rezultat sustava biomase [5].

## **Prednosti i nedostaci biomase kao goriva**

Za proizvodnju energije biomase, organski materijal mora proći proces pretvorbe biomase.

Biomasa je postojala prije nego što su ljudi počeli govoriti o obnovljivim izvorima energije i energetske učinkovitosti. Ova dugoročna uporaba ne bi bila moguća ako biomasa nije korisna za čovječanstvo. Budući da većina zemalja vodi kampanje za pronalaženje alternativnih izvora fosilnih goriva, energija biomase ističe se kao moguća alternativa. U ovom radu ću nabrojati prednosti koje čine energiju biomase savršenom alternativom za fosilna goriva:

1. Obnovljivi je izvor energije - energija biomase se smatra obnovljivim oblikom energije jer organski materijali koji se koriste za njenu proizvodnju konstantno postoje. Organski materijali, uključujući drvo, otpad od usjeva, smeće, kanalizacijski mulj i gnoj, konstantno postoje kao nusprodukt čovjekova života na Zemlji. Ukratko, obnavljanje ovih organskih materijala u smislu recikliranja i ponovne upotrebe u razne svrhe, podržava činjenicu da je biomasa obnovljivi izvor energije.
2. Ugljično je neutralna – poznato je da oslobađanje velikih količina ugljikovog dioksida negativno utječe na klimu i klimatske promjene. Kada govorimo o energiji biomase, govorimo o oslobađanju ugljikovog dioksida kao prirodnom procesu kojim biljke proizvode hranu. Nasuprot tome, kod fosilnih izvora goriva kao što su nafta, prirodni plin i ugljen, oslobađanje ugljikovog dioksida je kemijski potpomognuto. Prema brojnim istraživanjima provedenim na biomasi, potvrđeno je da je da su spojevi ugljika emitirani u okoliš iz biomase goriva, jednaki iznosu ugljikovih spojeva koje su biljke apsorbirale tijekom životnog ciklusa. U procesu nadopunjavanja korištenih biljnih materijala, ponovno apsorbiraju jednaku količinu ugljikovih spojeva, pa time dolazi do neutralnosti, odnosno nema viška ugljikovih spojeva koji bi se emitirali u atmosferu. Ovaj aspekt čini biomasu jedinstveno čistom.
3. Široko je dostupna - baš kao energija sunca i vjetra, izvori energije iz biomase su bogati i sveprisutni. Možemo ih pronaći praktički u svakom kutku diljem svijeta. Činjenica da je biomasa bogata u ponudi znači da se nikada nećemo susresti s



problemima nedostatka iste. Nažalost, upravo se s tim problemom susrećemo na području fosilnih izvora goriva. Ipak, bitno je da zadržimo obilje ovog prirodnog resursa tako da budemo odgovorni za njegovu upotrebu.

4. Jeftinija naspram fosilnih goriva – s jedne strane, proizvodnja energije biomase ne uključuje velika kapitalna ulaganja. Proizvodnja fosilnih goriva, s druge strane, uključuje visoke troškove i ulaganja za bušenje uljnih ili naftnih bušotina, izgradnju plinovoda i prikupljanje fosilnih goriva. Niski troškovi koji proizlaze iz proizvodnje biomase goriva, pokazuju se posebno povoljnima za kupce. To znači da potrošački računi za energiju neće varirati i ovisiti o aspektima poput: raspoloživosti energije ili odluka o proizvodnji i opskrbi energijom od strane vladajućih zemalja koje imaju monopol nad fosilnim gorivima. Mali trošak biomase čini ovaj oblik energije atraktivnim proizvođačima, budući da su u stanju generirati veći profit s manje odrađene proizvodnje.
5. Smanjuje količinu otpada na odlagalištima - većina otpada proizvedena u kućanstvima je biljna ili biorazgradiva. Takav otpad može se usmjeriti na profitabilniju upotrebu. Proizvodnja energije biomase koristi bilo koji otpad koji bi inače našao svoj put do odlagališta. Na taj bi se način mogla smanjiti količina otpada u okolišu, a s vremenom bi nestala odlagališta koja samo štete okolini. Ovaj utjecaj može biti povezan s kontaminiranjem lokalnih staništa i uništavanjem ekosustava divljih životinja. Smatram kako je potrebno minimizirati otpad. To bi značilo smanjenje zemljišta namijenjenih za odlagališta, ali više prostora za ljudsko stanovništvo, biljne i životinjske vrste.
6. Korisna za proizvodnju različitih proizvoda – energija biomase je svestrana jer se različiti oblici organske tvari mogu koristiti za stvaranje raznih korisnih proizvoda. Primjerice, etanol i slična goriva mogu se proizvesti od kukuruza i drugih usjeva. S toliko živih bića na planeti, nema ograničenja za što se sve može koristiti biomasa i što sve od nje možemo napraviti.

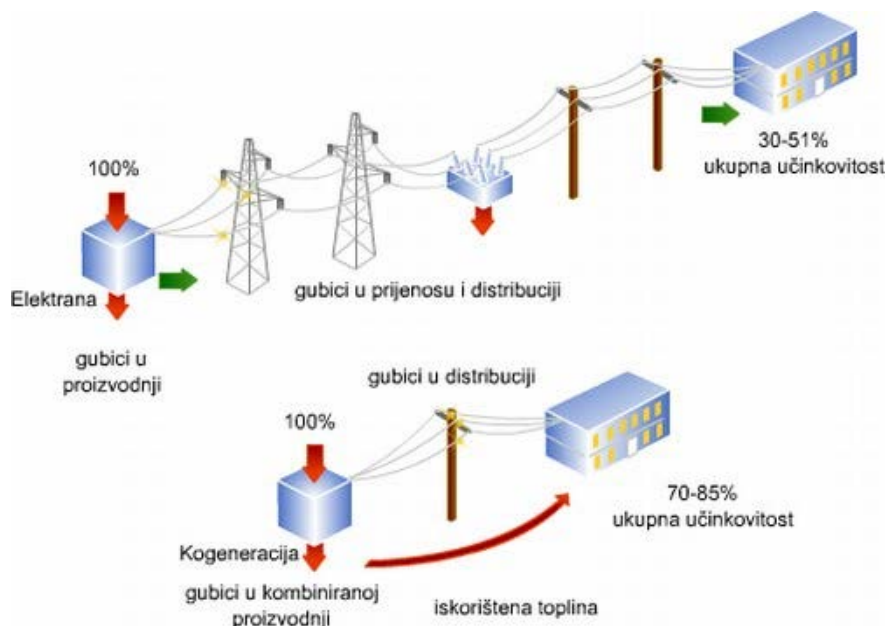
Nakon šest važnih činjenica o korisnim stranama energije biomase, valja spomenuti i negativnu stranu korištenja i proizvodnje takve vrste energije. Naime, energija biomase nije kompletan izvor energije, a u nastavku ću nabrojati neke od činjenica koje idu u prilog tome.

1. Biomasa nije sasvim čista tvar- korištenje životinjskog i ljudskog otpada za napajanje elektroenergetskih motora može smanjiti emisiju ugljičnog dioksida, ali istovremeno se povećava količina plinova metana koji su također štetni za Zemljin ozonski omotač. Govoreći o korištenju otpadnih proizvoda, postoje i mirisi biomase koje treba razmotriti. Iako to nije fizički štetno, definitivno je neugodno, a najgore je što može privući neželjene štetnike poput štakora i muha koji su poznati po širenju bakterija i infekcija.
2. Rizik od krčenja šuma – energija biomase je obnovljiva, ali mora se pravilno održavati. Nekontrolirana proizvodnja biomase može rezultirati manjkom šuma zbog pretjerane sječe. Ukoliko vlasti izdaju dozvolu za krčenje šuma, brojne životinjske vrste ostale bi bez svog doma, a s vremenom bi nestale. Usudila bih se navesti tu činjenicu kao jedan od glavnih razloga za usporavanje korištenja goriva iz biomase. Budući da naponi za ponovnu sadnju drva, ne odgovaraju naporima uložnim u sječu drva i krčenje šuma.
3. Biomasa zahtijeva velike količine vode- najveći nedostatak biomase je upravo potrošnja vode. Sve biljne tvari trebaju dovoljnu količinu vode da se razviju, što znači da vode moramo imati u izobilju. Ukoliko nemamo dovoljno vode za proizvodnju energije biomase, utoliko bismo trebali razviti novi sustav navodnjavanja koji bi predstavljao veliki financijski izdatak. Nadalje, navodnjavanje također može ograničiti dostupnost vode ljudima i životinjama
4. Nedovoljna učinkovitost biomase u usporedbi s fosilnim gorivima- unatoč činjenici da je energija biomase prirodna na mnoge načine, u pogledu učinkovitosti, znatno je manja njena korisnost. Ustvari, neki obnovljivi izvori energije kao što su bio goriva, obogaćuju se fosilnim gorivima kako bi se povećala njihova učinkovitost.

Iako su podijeljena mišljenja oko održivosti energije biomase, činjenica je da je riječ o jeftinoj alternativni i dobroj potpori tradicionalnoj električnoj energiji i drugim oblicima energije [1].

## KOGENERACIJA

Kogeneracijska postrojenja koriste toplinu od izgaranja kako bi se proizvela električna ili toplinska energija. Toplina, kao takva, predaje svoju energiju turbinama koje onda tu istu energiju pomoću generatora prerađuju u električnu energiju koja se dalje kroz cjevovod odvodi na mjesta na kojima se koristi. (slika 4.).



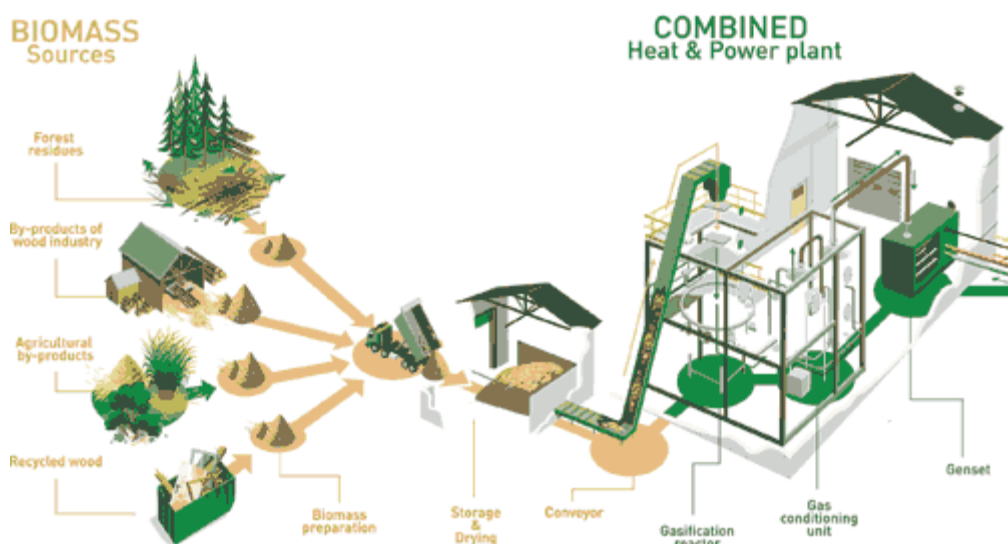
Slika 4. Razlika između kogeneracije i javne elektrane [7]

Kogeneracija je vrlo efikasna metoda termodinamičkog procesa koja se koristi u proizvodnim pogonima. Drugim riječima, radi se o sirovini koja se drugdje baca i prezentira kao otpad, a u kogeneracijskom postrojenju ona se koristi za stvaranje topline. Na taj se način razne otpadne sirovine koriste u točno određene svrhe i nema potrebe za gradnjom dodatnih kotlovnica za grijanje popratnih sadržaja kao što su uredi, uprava i sl. Također, može se iskoristiti za grijanje vode koja se kasnije može prodati, preko toplane, obližnjim kućama, kvartovima ili selima. Isto tako, može se koristiti u drvenoj industriji u sušarama, a primjer jedne takve je u elektrani Uni Virdas u Babinoj Gredi. Ovakva postrojenja imaju veliku financijsku korist i smatraju se pametnim ulaganjima. Upravo zbog potrošnje vlastitih

sirovina, smanjuju troškove u pogonu, koji bi inače bili znatni, te im se ovakve investicije vrlo brzo pokazuju isplativima.

## PREDNOSTI KOGENERACIJE

S obzirom na energiju u obliku goriva u usporedbi s tradicionalnim elektranama, kogeneracijski sustavi imaju znatno veći prihod zbog kombinirane proizvodnje električne i toplinske energije, ali i smanjenja troškova kroz uštedu energije i smanjenje emisije štetnih kemijskih spojeva.



Slika 5. Ilustracija kogeneracijskog postrojenja [5.]

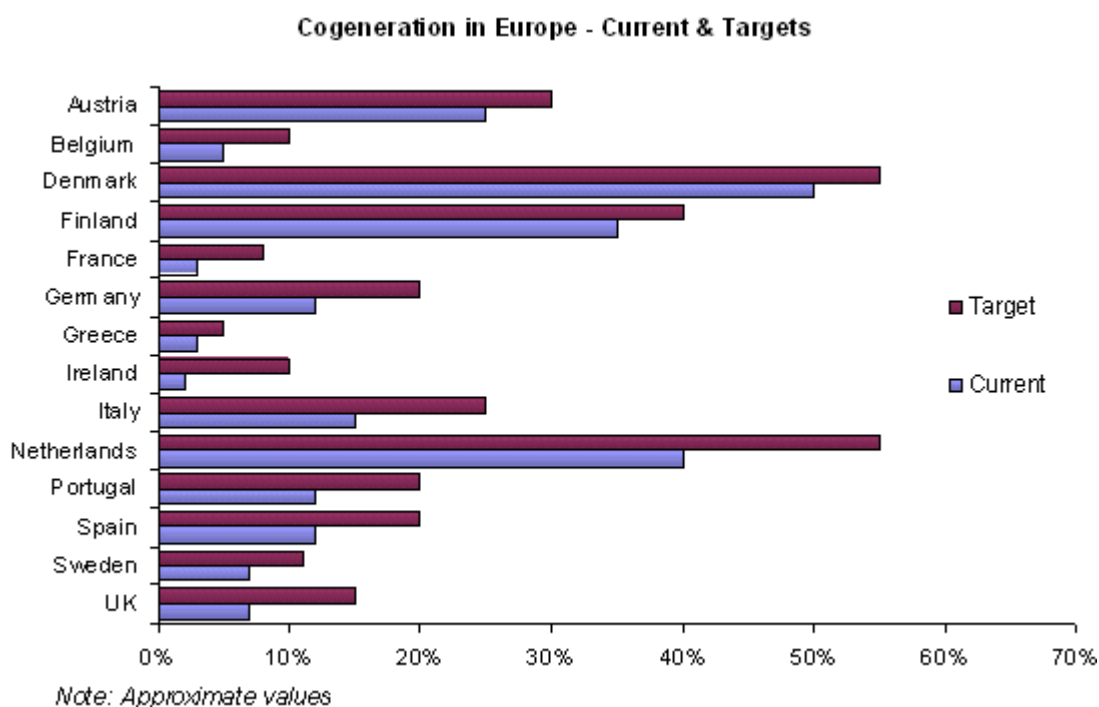
Kogeneracija je zbog svih prethodno navedenih činjenica, strateški izbor u proizvodnji mnogih tvrtki koje se bave preradom sirovina jer im to stvara prilike za rast u smislu konkurentnosti na tržištu i stvaranju ukupne slike poduzeća kao ekološki osviještenog.

Neke od prednosti kogeneracijskih postrojenja su:

- Bolja energetska učinkovitost,
- Veća ušteda
- Ekološka prihvatljivost

- Vezano uz zakonsku regulativu, kogeneracijska postrojenja su regulirana zakonima od strane Europske unije i često su podržana od strane raznih fondova za subvencioniranje izgradnje

Od svih trenutno prisutnih postrojenja na svjetskom tržištu, kogeneracija ima najbrži povrat uloženog kapitala. Prema istraživanjima, većina ulaganja u kogeneracijske sustave, povrati se već u roku od dvije godine, što je stvarno kratak period za takvu vrstu ulaganja. [8].



**Slika 6. Države članice EU sa željenim i ostvarenim brojevima kogeneracijskih postrojenja. [8.]**

Trenutno stanje kogeneracije nam pokazuje da sve više država podržava ovaj sustav, te kroz zadane brojke polako i dostižu zadano kao što možemo vidjeti na Slici 6.

Na temelju prikaza na Slici 6., možemo zaključiti da Danska i Nizozemska prednjače u postavljenim ciljevima koji su otprilike isti. Grčka i Irska nalaze se na samom dnu što se tiče postavljenih ciljeva. Pohvalno je što su gotovo sve navedene zemlje postigle barem polovicu zadanog cilja, ili više.

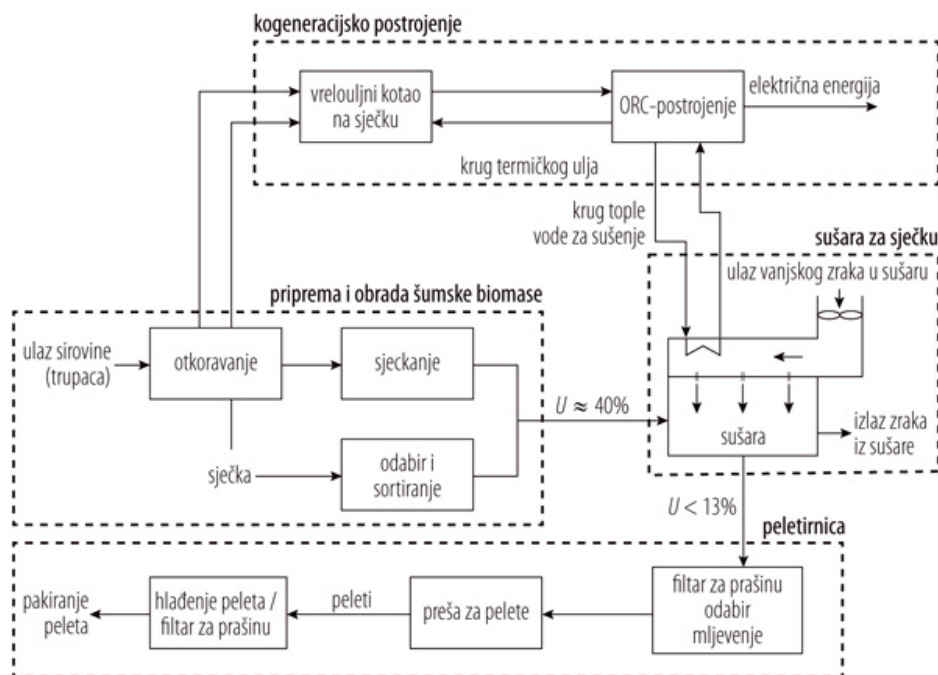
## **KOGENERACIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ- OPIS POSTROJENJA**

### **Lika Energo Eko – Moderator d.o.o. (Udbina, Hrvatska)**

Ovaj objekt je izgrađen potkraj 2011. godine, a početak rada postrojenja bio je u 2012. godini. Nakon dobivene uporabne dozvole, postrojenje je u stalnom pogonu koji je smješten u Lici, točnije u Udbini.

Vlasnici postrojenja su Hrvati (iz Međimurja) koji su i prije ovog projekta ulagali u obnovljive izvore energije i uvidjeli priliku za povoljna ulaganja u kogeneracijska postrojenja. Kao što je već navedeno u ovom radu, ulaganja u kogeneracijska postrojenja pokazala su se najboljima i najbržima, odnosno, imaju najbrži rok povrata investicije i pokazatelje isplativosti.

Osnovu su pronašli u sječki koju koriste za proizvodnju električne energije koju isporučuju u javnu elektroenergetsku mrežu, a ostatak dobivene energije koriste za svoj pogon proizvodnje peleta (Heat Pellets). Postrojenje razvija snagu od 0,95 MW električne snage i 4,1 MW toplinskog učinka koji se koristi za pogon proizvodnje drvenih peleta.



Slika 7. Prikaz temeljnog kruga kogeneracijskog postrojenja Moderator d.o.o. [9]

Na Slici 7. je pojednostavljena shema tokova energije u kogeneracijskom postrojenju.

Kapacitet proizvodnje peleta iznosi pet (5) tona peleta na sat, a čitav pogon je smješten na zemljištu od 85 tisuća kvadrata. Ukupna vrijednost ovog projekta iznosila je 74 milijuna kuna, pri čemu je uloženo 40% vlastitih sredstava, a ostalih 60% ulaganja ostvareno je preko kreditiranja kroz fondove za obnovu i razvitak. Ovakav projekt bio je od velikog značaja za područje u kojem je izgrađen pogon. Općina Udbina je profitirala od komunalnih doprinosa i poreza na dohodak. Otvorena su brojna radna mjesta u zapuštenom ličkom kraju. Uz rad kogeneracijskog postrojenja, emisija ugljičnog dioksida uvelike je smanjena i iznosi otprilike 32 tone godišnje. S takvim brojkama, kogeneracijska postrojenja doprinose zadovoljavanju odredbi europskih propisa o smanjenju štetnih emisija.

\*\*\*Trenutno je u Udbini napravljeno još veće postrojenje od spomenutog, ali na današnji dan još uvijek nije dobivena uporabna dozvola, stoga postrojenje nije pušteno u pogon. Početak rada pogona očekuje se početkom 2019. godine.



## Uni Viridas, Babina greda

Uni Viridas pogon je jedan od najsuvremenijih pogona u ovom dijelu Europe. Prostire se na 5.300 kubičnih metara; ima halu od 1.500 metara kvadratnih i sortirnice od 2.500 kvadratnih metara. Unutra se nalazi i kogeneracijsko postrojenje snage 9,8 MW vrijednosti 42 milijuna eura (Slika 8.). Otpad koji koriste pronalaze u sječki koja im je također nusprodukt proizvodnje. Prije pokretanja postrojenja, tu sječku su izvozili u Mađarsku, Austriju ili je, nažalost, propadala. Pohvalno je što danas ta sječka služi kao pokretač njihove elektrane.



Slika 8. Prikaz idejnog projekta iz 2012. Godine. [18]

Uni Viridas je povlašteni proizvođač električne energije koji proizvodi i koristi toplinsku energiju. Dio te energije koristi se za sušenje vlastite sječke, točnije, za 32 komore za sušenje drva. (Slika 9.)



**Slika 9. Pogon Uni Viridasa sa 32 sušare i skladištem sirovina. [2]**

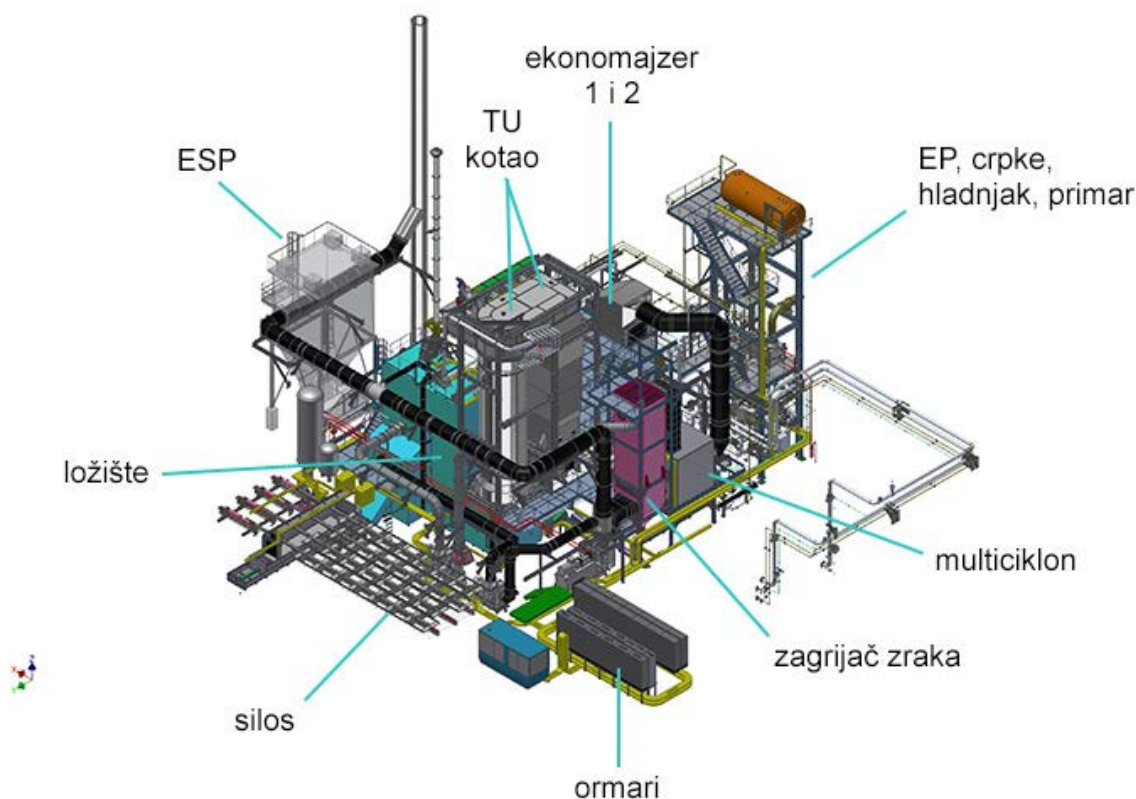
### **Pilana Cedar (Vrbovsko Eko Energija) – Vrbovsko**

Pilana Cedar iz Vrbovskog koristi tvrdo drvo i bukvu za svoju proizvodnju. Daljnjim procesom od nje dobivaju parenu bukvu, neparenu bukvu, elemente od bukve, ogrjevno drvo, pelete i drvenu sječku. Budući da je postrojenje veliko, iz pogona nastaje puno otpada kao što su npr. čista kora, okrajci i iverje, odrubi piljevina i strugotina.

U ovom slučaju, pogon o kojem se radi, 340 dana godišnje ima u pogonu 28 sušara za sušenje drva, što iznosi ukupno 8.000 radnih sati u godini. Iz tog razloga izgrađeno je ovo kogeneracijsko postrojenje koje koristi primjer organskog Rainkenovog ciklusa s termouljnim kotlom, stoga ovo postrojenje proizvodi toplinsku i električnu energiju. Ukupni godišnji kapacitet sušara je 157.000 m<sup>3</sup> drvnog otpada. Uzmimo u obzir da 8% jednog trupca predstavlja njegova kora, tako da ovo postrojenje raspolaže na godišnjoj razini s oko 16.000 m<sup>3</sup> kore, a svi ti ostaci se koriste za pokretanje kogeneracijskog postrojenja i sušara. Iskorištavanje nusproizvoda koji ostaju od prerade drveta, koji se inače ili bacaju ili izvoze,

daje ovom pogonu gotovo stopostotnu učinkovitost. Na taj se način zatvara proces proizvodnje jer proizvode toplinsku i električnu energiju koju također dalje prodaju.

Ugovaranjem dugogodišnjeg otkupa električne energije osigurava se stabilnost i održivost ovog procesa. Osnovne značajke ovog postrojenja su da ložište raspolaže snagom od 11 MW, učinak kotla je 9,8 MW. Nadalje, smatram kako je od izrazite važnosti napomenuti da je očekivani radni vijek ovakvog postrojenja između 25 i 30 godina. Dugoročno gledano, to je stvarno dugi radni vijek jer uz godišnja održavanja i redovite remonte opreme, ovakav projekt se pokazuje isplativim kroz 5 godina. Ukupna investicija u izgradnju projekta kogeneracije u Vrbovskom, iznosila je preko 30 milijuna eura.



Slika 10. 3D vizualizacija kotlovskog postrojenja Vrbovsko. [10]

## KOTLOVNICA

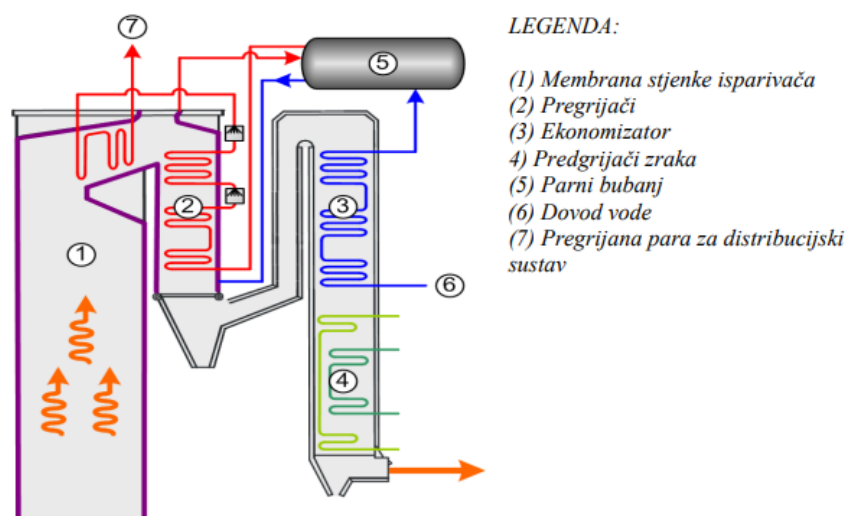
U kotlovnici se nalaze parni kotao i ložište, kao i oprema koja služi za stvaranje i raspodjelu pare. Biomasa do kotla dolazi pužnim sustavom (Slika 11.) pripreme i opskrbe. Također, oprema u kotlovnici uključuje i ventilator za zrak, spremnike za vodu, crpke, module za ozračivanje i bubanj za paru.



Slika 11. Pužni sustav do kotlovnice. [2]

### Kotao

Vrući dimni plinovi koriste se za proizvodnju pare; počevši od vode koja kruži u kotlu u kojem nastaje para, pa voda iz parnog bubnja dolazi do distribucijskog sustava odakle ide u cjevovod u kotlu.



Slika 12. Prikaz sustava za stvaranje pare. [11]

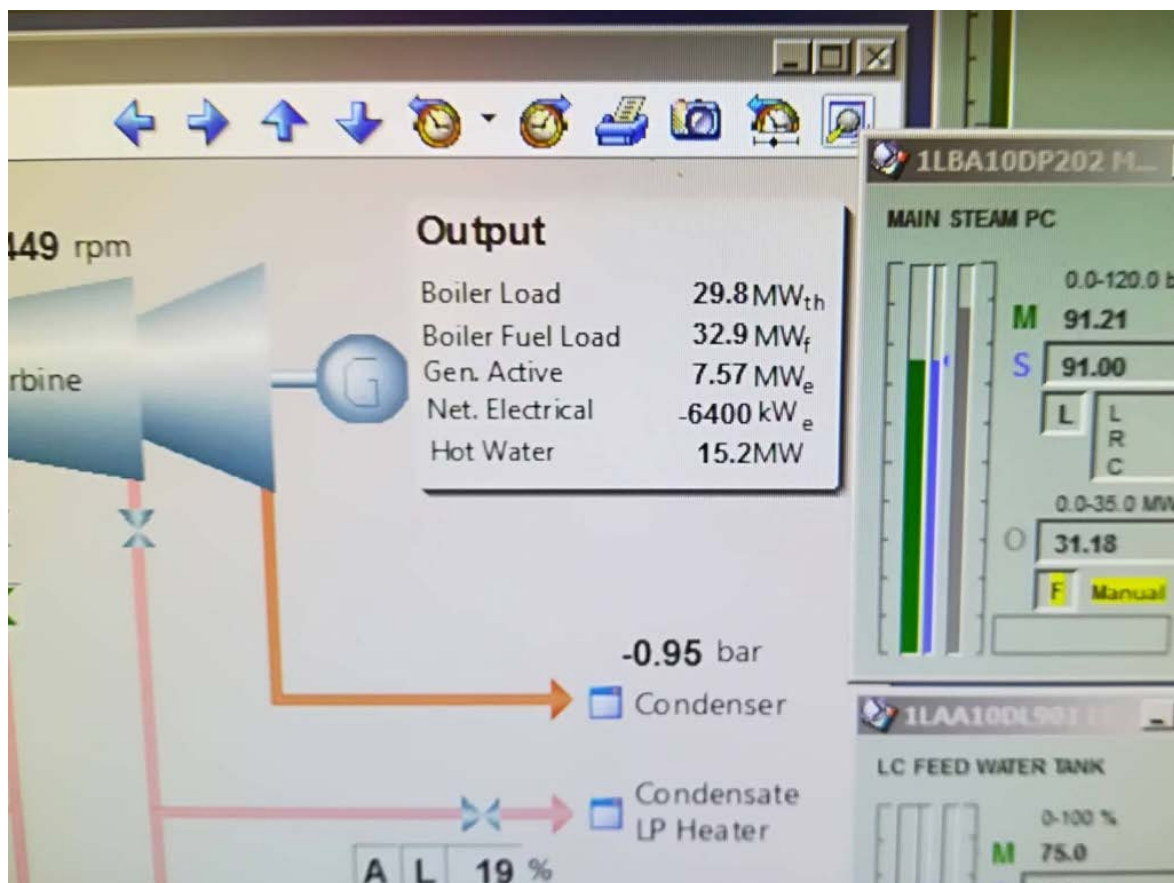
Voda se zagrijava, pa zbog njene promjene u gustoći ona teče prirodnom cirkulacijom kroz isparivač. Voda i zasićene pare prikupljaju se zajedno u dvije faze i dovode natrag do parnog bubnja putem uzlaznih cijevi. Zatim se voda odvaja od pare u parnom bubnju, te ponovno prolazi kroz kotao. Para se iz parnog bubnja vodi u distribucijski sustav putem pregrijača na kotlu. Prije ulaska u parni bubanj, voda se prethodno zagrijava u ekonomajzeru. Osim ekonomajzera i pregrijača tu je još i izmjenjivač topline za prethodno zagrijavanje zraka za sagorijevanje. U Tablici 1. ispod možemo vidjeti vrijednosti kotla koji se koristi u kogeneracijskom postrojenju u Babinoj Gredi.

	Vrijednost	Mjerna jedinica
<b>Snaga goriva</b>	31	MW
<b>Snaga pare</b>	29	MW
<b>Temperatura napojne vode</b>	160	°C
<b>Tlak u kotlu</b>	92	Bar
<b>Temperatura pare</b>	505	°C
<b>Tok pare</b>	38,2	t/h



Temperatura na izlazu	150	°C
-----------------------	-----	----

Proizvođač kotla je finsko poduzeće Valmet, a kapacitet parnog kotla je 29.000 kW (Slika 13.), dok je volumen 25.000 litara, maksimalni tlak je 107 bara, dok je maksimalna temperature definirana na 317/520 °C.

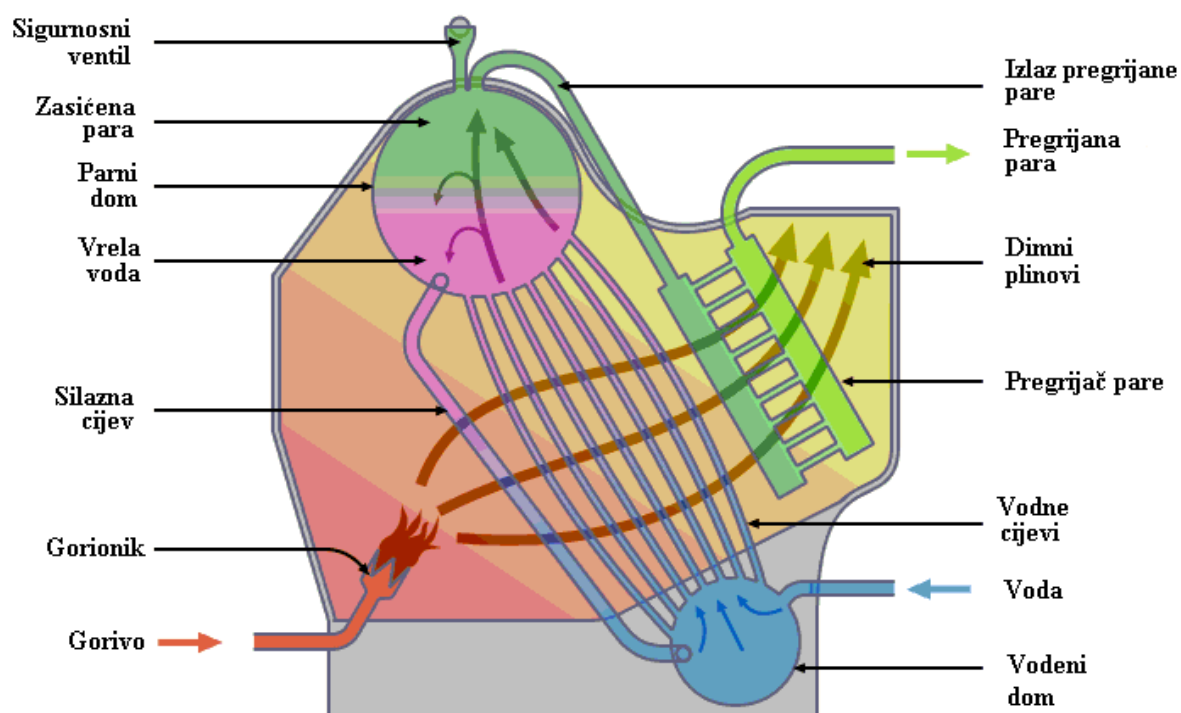


Slika 13. Podaci parnog kotla. [2]

## Parni bubanj

Parni bubnjevi su standardni u kotlovima sa vodenim sustavima. To je spremnik vode/pare na vrhu vodova (slika 14.) Bubanj pohranjuje vodenu paru u vodenim cijevima i djeluje kao separator faza za smjesu pare i vode. Razlika u gustoći između vruće i hladne vode pomaže u nakupljanju toplije vode i zasićenih para u parni bubanj.

Odvojena para izvlači se iz gornjeg dijela bubnja i raspoređuje se za postupak daljnje obrade. Kasnijim zagrijavanjem zasićene pare proizvodi se pregrijana para koja se koristi za pokretanje parne turbine. Zasićena para se izvlači s vrha bubnja i ponovno ulazi u peć kroz pregrijač. U unutarnjem bubnju odvajaju se kapljice vode od pare. Zasićena voda na dnu parnog valjka teče dolje kroz donju cijev.



Slika 14. Prikaz parnog bubnja. [12]

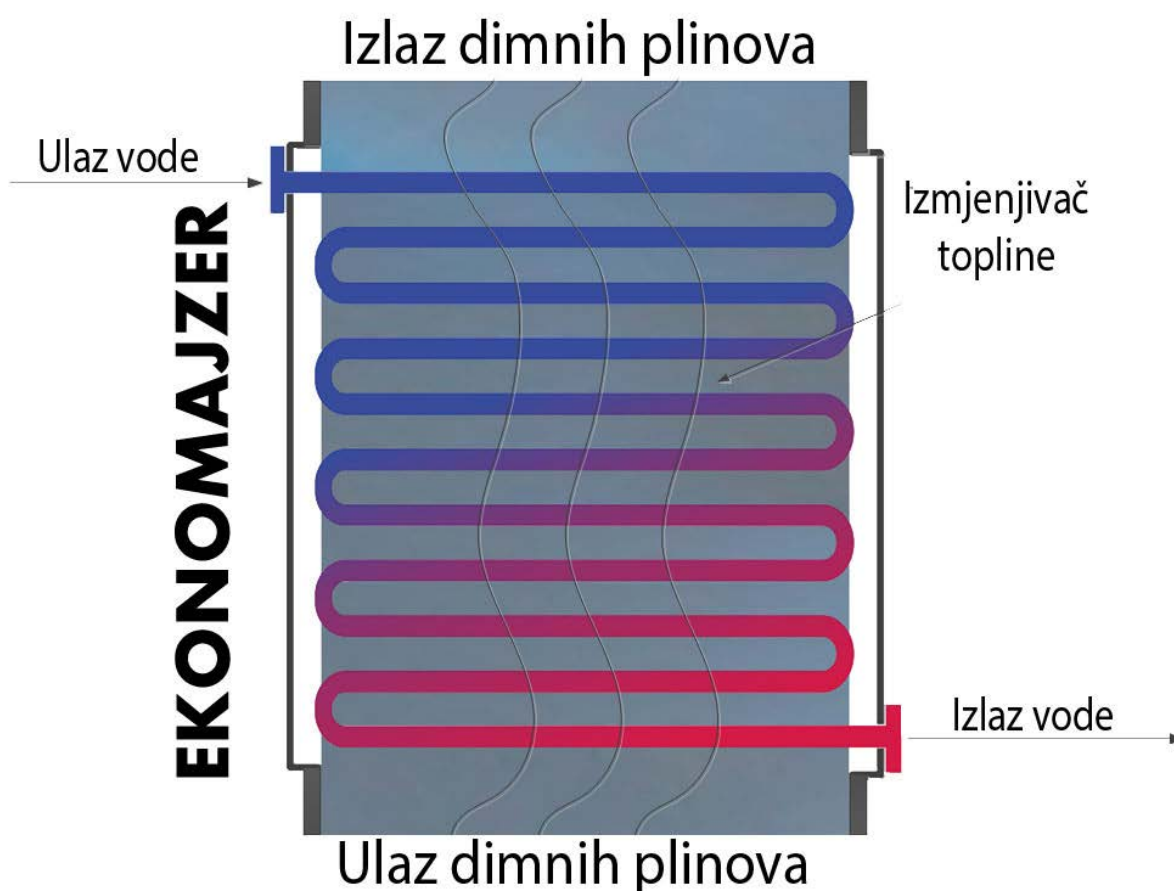
Često generatori pare imaju i vodeni bubanj koji je u potpunosti ispunjen vodom. Cilj mu je da kroz uzlazne cijevi za isparavanje gura vodu koja vodi do parnog bubnja, te se na taj način zatvara kružni tok sa silaznim cijevima koje vode do vodenog bubnja.

## Peć

Okomito iznad komore za izgaranje, nalazi se pravokutni kotao, tj. peć. Voda iz kotla isparava jer teče kroz stjenke peći. Drugi prolaz kotla koristi izmjenjivače topline za pregrijavanje pare.

### Ekonomajzer (zagrijač vode)

Zagrijač vode je vrsta izmjenjivača topline koja se koristi kod generatora pare (Slika 15.). Koristi se u sistemima gdje se voda prvo zagrijava prije samog ulaska u parni ili vodeni bubanj, a ponekad i isparava. Ta voda obično se grije 35 stupnjeva ispod temperature vrelišta, a ukoliko u ekonomajzeru dolazi do isparavanja te vode, tada ga se smatra predisparivačem. [14]



Slika 15. Prikaz rada ekonomajzera. [18]

Ekonomajzer mora biti toplinski izoliran i imati priključak za ispuštanje zbog pražnjenja, kao i priključak za odzračivanje prilikom punjenja, tj. prilikom pokretanja generatora pare. Također, cjevovod koji dolazi do ekonomajzera i odlazi od njega, mora biti toplinski izoliran



sa mineralnom vunom i aluminijskim limom. Uz to, ekonomajzer u ovom pogonu opremljen je puhačem čađe za čišćenje izmjenjivača topline [13].

### **Pregrijač pare**

Pregrijač pare je uređaj za pretvaranje zasićene pare u pregrijanu paru i on se koristi isključivo za termodinamičke procese ili proizvodnju električne energije. Od vrsta pregrijača pare, razlikujemo one koji funkcioniraju na principu zračenja i konvencijske pregrijače. Kod grijanja kao što je u ovom slučaju, u Babinoj Gredi, govorimo o pregrijaču koji je odvojen od kotla. Cijevi leže u jednoj ravlini, ali su zato svinute za 180 stupnjeva, te su zatim okomito postavljene (slika 16.). Razmaci za svaki pregrijač su posebno izračunati kako bi se zadovoljili standardi i proračuni za odlaganje korozije i smanjenje stvaranja nečistoća između cijevi. Naime, nastanak korozije bi ometao prolaz topline i tako bi se djelovanje pregrijača znatno smanjilo.



**Slika 16. Pregrijači pare. [2]**

U kogeneracijskom postrojenju u Babinoj Gredi temperatura pregrijane pare varira između 420 °C i 570 °C, dok kod drugih većih postrojenja, ta temperatura ide preko 600 °C. Pregrijač

ima svoje prednosti i mane. S jedne strane, pozitivno je što se smanjuje potrošnja goriva i vode. S druge pak strane, povećavaju se troškovi održavanja jer bez pravilnog održavanja, pregrijači znaju biti jako opasni jer može doći do eksplozije ili puknuća cijevi. Zato su pregrijači pare u Babinoj Gredi opremljeni sa puhačima čađe kako bi se cijevi mogle samostalno čistiti.

### **Puhači čađe**

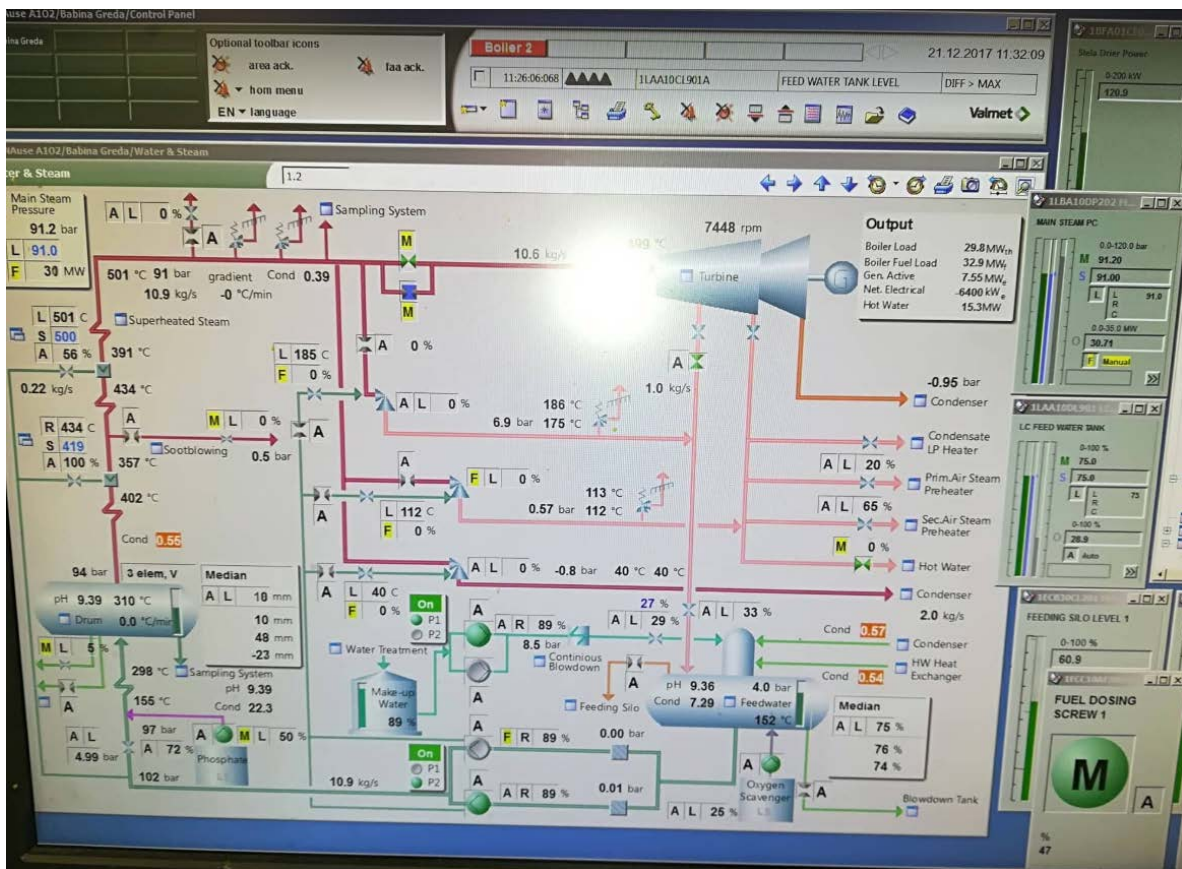
Cijela kotlovnica u Babinoj Gredi opremljena je puhačima čađe kako bi se čistile površine toplinskih izmjenjivača (Slika 17.), grijača pare i ekonomajzera. Oni se čiste pomoću visokotlačne pare; para se uzima iz parnih cijevi i pomoću automatskog regulacijskog ventila se smanjuje tlak koji je prikladan za puhanje čađe. Sigurnosni ventil zatim sprječava previsoki tlak u sustavu. U navedenom postrojenju koriste se rotirajući puhači čađe i grubi puhači čađe, ovisno o sustavima koje čiste. Puhači čađe se postavljaju tako da rade automatski i održavaju se u određenim intervalima ili ručno. Bitno je napomenuti da puhači čađe rade naizmjenično. Prije pokretanja postupka puhanja čađe, parna cijev se zagrijava ispuštanjem pare kroz cijev sve do spremnika.



Slika 17. Propuhivanje čađe na cjevovodu kogeneracije. [18]

### **Cjevovod i armatura kotlovnice**

Kotlovnica je opremljena svim cjevovodima potrebnima za rad i za povezivanje sa cijelim postrojenjem energane. Neki od dijelova kotlovnice su napojna voda, glavni parni vod, odvodnja i ozračivanje dijelova kotla, glavni razvod do sušara, razvod temeljnog kruga, termo-uljna instalacija i slično. Također, bitno je napomenuti da ugrađena armatura omogućuje potpuno vođenje pogona putem vanjskog ureda ili komandne prostorije gdje pomoću prethodno definiranih naredbi mogu upravljati sa svim ventilima, preusmjeravati, uključivati i isključivati rad kotla (Slika 18.). Važno je napomenuti da je kroz sav cjevovod izvedena toplinska izolacija mineralnom vunom u zaštićenoj oblozi iz aluminijskog lima. Izolirani cjevovod je obuhvaćen svugdje gdje je to bilo potrebno: u tlačnim sustavima, cjevovodima kotla, dimnim kanalima.



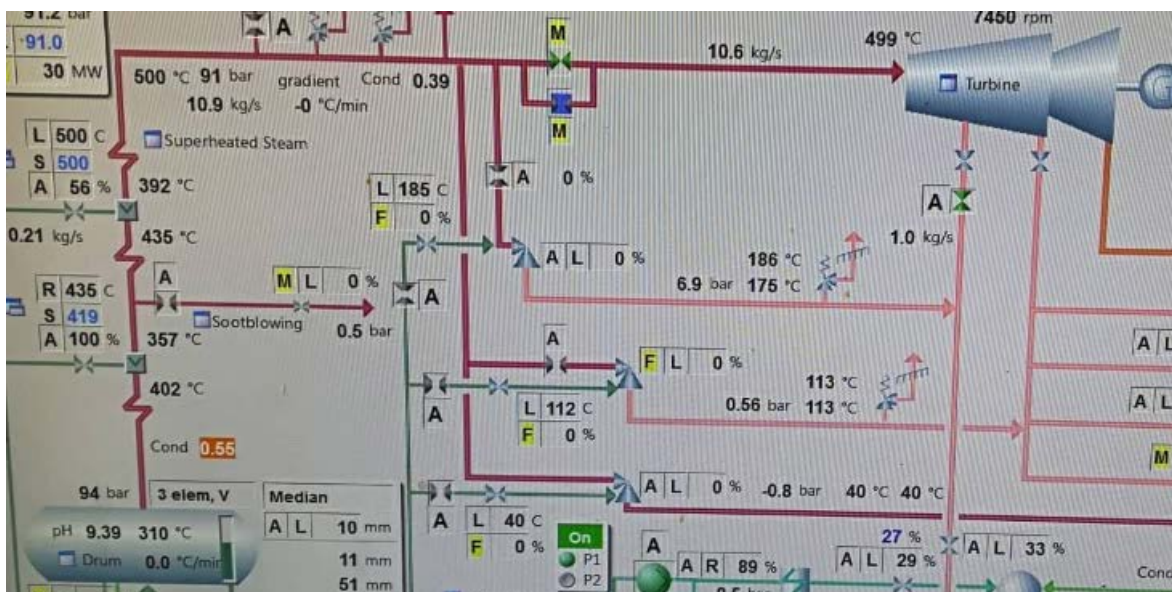
Slika 18. Sustav za upravljanje kogeneracijskim postrojenjem. [17]

## TURBINE

U kogeneracijskom postrojenju Uni Viridas u Babinoj Gredi postoji posebna dvorana u kojoj se nalaze parna turbina i generator, te pomoćna oprema za generator turbine i parni generator. Isto tako, dvorana sadrži i pumpe za rashladnu vodu, ventilatore dimnih plinova i kondenzatore. [18]

### Parna turbina

Parna turbina koristi visokotlačnu paru za pokretanje generatora. Turbinu pokreće para u trenutku kada pregrijana para teče kroz nju, pa to uzrokuje pad temperature i tlaka. Tada proširena para odlazi u kondenzator. Turbina sadrži i cijev za regulirano izlučivanje koje osigurava paru kod smanjenog tlaka. [15] Cijela regulacija parne turbine u Babinoj Gredi odrađena je elektronički gdje se može regulirati protok pare ovisno o opterećenju i korištenju (Slika 19.). Regulator brzine regulira ventile kako bi se održavala konstantna brzina kod promjena opterećenja.

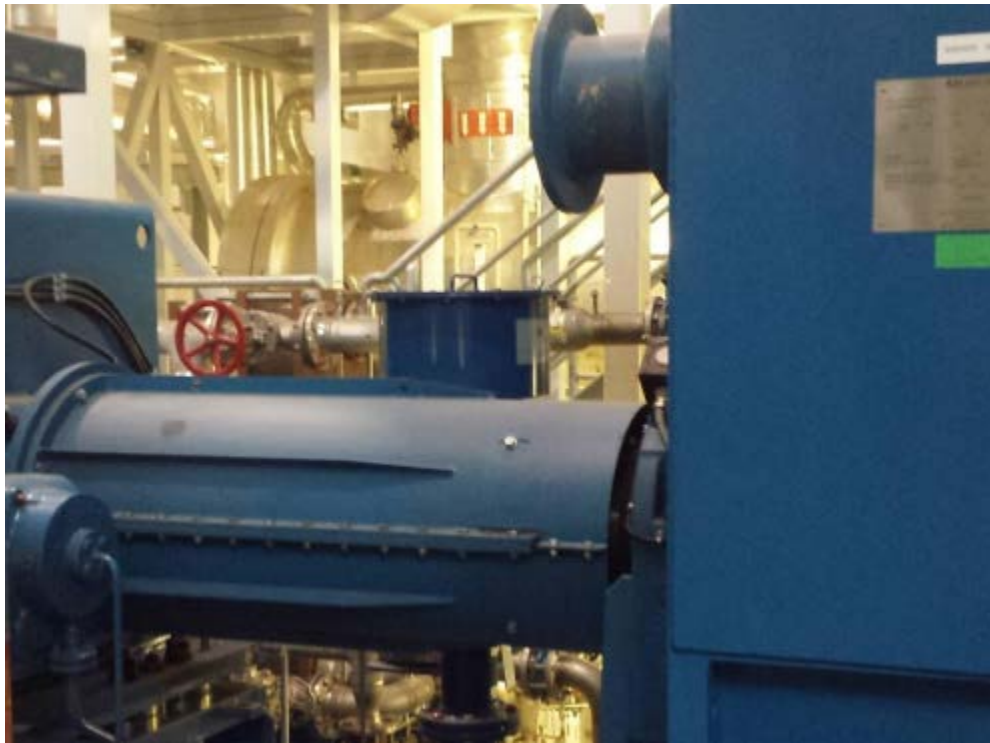


Slika 19. Elektroničko upravljanje parnom turbinom. [17]



## Generator turbine

Komplet generatora turbine sastoji se od generatora za proizvodnju električne energije i od same parne turbine koja je prethodno navedena u tekstu. Turbina i generator međusobno su spojeni reduktorom za smanjenje brzine kao što je prikazano na Slici 20.



Slika 20. Reduktor između turbine i generatora. [18]

Sustav je kompletno automatiziran, pa se tako turbinom upravlja prema prethodno postavljenim parametrima, tako da se pomoću računala može zapravo regulirati paljenje i gašenje turbina, radni sljedovi turbine, sinkronizacija turbina. Sve je regulirano pomoću upravljačkih ventila u parnim cijevima preko kojih se kontrolira protok pare kroz turbinu, dok drugi ventil regulira izlučivanje pare. [18]

Može se upravljati njima na čak dva načina. Jedan je od njih u načinu za regulaciju tlaka, a drugi je za regulaciju struje. Dok se kontrolira regulacija zraka, tada on kontrolira protok pare radi održavanja konstante tlaka pare. Nasuprot tome, kod reguliranja struje, sustav

upravljanja održava izlaz snage generatora na postavljenoj vrijednosti. Tehničke karakteristike generatora turbine prikazane su u donjoj Tablici II.

Parametar	Vrijednost	Mjerna jedinica
Tok pare	38,2	t/h
Tlak	90	Bar
Temperatura	500	°C
Brzina vrtnje	-7500/1500	Rpm
Izlazna snaga	10334	kW
Napon generatora	11	kV

Tablica II.

### Generator

Turbinu pogoni generator koji se hladi putem izmjenjivača topline koji je spojen na krug rashladne vode koja dolazi iz rashladnih tornjeva. Grijač sprječava da ne dođe do kondenzacije kada je generator u mirovanju. [15]



Slika 21. Siemens generator kakav je ugrađen u kogeneracijskom postrojenju u Babinoj gredi [18]

## Sustav za uvođenje pare

Brtvljena para preuzeta je iz ulazne linije turbinske pare. Redukcijska stanica smanjuje tlak i temperaturu pare, zatim se para hladi ubrizgavanjem vode iz kondenzata. Protok rashladne vode kontroliran je automatskim ventilom koji je spojen na centralnu jedinicu za upravljanje. Ventil za redukcija tlaka i upravljački ventil održavaju tlak i temperaturu na zadanim vrijednostima. Svi ventili su pneumatski, dok se ventilatori uključuju automatski na motorni pogon, kada se pojavi izlazna para koja curi u atmosferu. [16]

## Rezervni generator

Ukoliko dođe do nestanka napajanja, postrojenje u Babinoj Gredi ima zaseban hitni generator koji može preuzeti rad u nuždi i napajanje kritične opreme, sve do trenutka aktivacije glavnog generatora. Rezervna jedinica sadrži generator i motor. Osim toga, sadrži nužnu opremu kao što su: pumpa, filter za gorivo, ulje za podmazivanje i rashladna tekućina (Slika 22.).



Slika 22. Prikaz rezervnog generatora. [2]



## TIJEK SIROVINA KROZ POGON

Elektrana koristi drvenu sirovinu i ima spremište svojih sirovina odmah pokraj elektrane (Slika 23.)



Slika 23. Odlagalište sirovina [2]

Također, pogon ima i natkriveni dio gdje se spremaju sirovine za korištenje u postrojenju (Slika 23.).



Slika 24. Natkriveno skladište sirovina. [2]

Kada se usitnjena sirovina uzme kako bi se iskoristila, ona ide na tzv. „puž“, odnosno lančasti transporter kojim se prenosi do spremnika iz kojeg se onda, pomoću dozatora, donosi u kotao kao krajnje gorivo. Kada je potrebno nadopuniti spremnik sirovinama, to se obavlja pomoću hidrauličkih pumpi preko kojih se pokreću podni gurači i s njima se sirovine ponovno prenose na dozator.

## SUŠARE

Uni Viridas je 2017. godine završio i gradnju centra za sušenje drvne građe koji se sastoji od 32 moderne sušare za sušenje drva, ukupnog kapaciteta 5.300 kubnih metara (Slika 25.).



**Slika 25. Pogon sušara u Babinoj Gredi. [18]**

Sušare funkcioniraju na način da zagrijani zrak struji između drvne građe, te na sebe preuzima vlagu. Zatim se ta vlaga sa mehanizmom difuzije prenosi iz unutrašnjosti drva prema površini. Sušenje treba biti raspoređeno kvalitetno i dosta dugo, kako ne bi došlo do naprezanja i pucanja drva, stoga je obavezna regulacija vlažnosti zraka i temperatura u sušarama. Samo sušenje je proces izmjene topline unutrašnjeg vlažnog zraka s vanjskim. Zagrijani zrak koji izlazi van iz sušare prolazi kroz rekuperator i dio topline predaje hladnom zraku koji ulazi unutra u sušaru. Samo strujanje zraka postiže se pomoću ventilatora. Zrak koji uđe natrag u sušaru mora proći kroz izmjenjivač topline. Upotrebom rekuperatora smanjuje se potrošnja toplinske energije za oko 30%, a samim time se smanjuje vrijeme sušenja, a kvaliteta drva se povećava.

## ZAKLJUČAK

Kroz ovaj završni rad detaljno sam upoznala rad kogeneracijskih postrojenja, proizvodnju električne i toplinske energije, kao i rad samih elektrana. Naučila sam koliko je zapravo korisno i isplativo kogeneracijsko postrojenje jer iskorištava stvari koje bi inače netko otpisao i bile bi otpad, a sada služe kao izvor energije. Kroz mnogobrojne slike i sheme pokušala sam prikazati na koji način kogeneracijska postrojenja funkcioniraju. Elektrana "Uni Viridas d.o.o.", temeljne snage 16 MW i električne snage 9,7 MW je zbilja impresivno postrojenje. Ono što je nevjerojatno, jest činjenica da je uz sve elektromotore, pumpe, ventilatore i kotlove od kojih svaki obavlja svoju funkciju, u vrlo kratkom periodu moguće vratiti uloženo. Svaki segment elektrane je elektronički kontroliran i odaje dojam elektrane budućnosti jer svaki dio izgleda usavršeno do zadnjeg segmenta. Ljudi koji rade na postrojenju su obrazovani i sposobni upravljati jednim ovakvim postrojenjem, a to je ono što je impresivno. Naime, u jednoj Slavoniji koja gospodarski odumire, postoji jedna ovakva svijetla točka koja može poslužiti kao primjer gospodarskog rasta ostalim zemljama Europske Unije. Ostajem u nadi da će to zaista i biti tako u bliskoj budućnosti. Možda upravo ovaj završni rad nekome posluži kao ideja za pametno ulaganje i gospodarsko oživljavanje pojedinih krajeva Republike Hrvatske, ali i šire.

## LITERATURA

- [1] – Peter, M. (2002.) , Energy production from biomass, 2002., Vancouver, Oasis
- [2] - Osobne fotografije-fotografirano 14.04.2018. i 28.05.2018.
- [3] - ESCO Beograd, Vodič za izgradnju energetske postrojenja - biomasa <http://www.esco.rs/biomasa.html> (21.08.2018.)
- [4] - Sally Painter, Biomass energy process, [http://greenliving.lovetoknow.com/Biomass\\_Energy\\_Processes](http://greenliving.lovetoknow.com/Biomass_Energy_Processes) (27.08.2018.)
- [5] - Donald L. (1998.) Biomass for renewable energy, fuels and chemicals. 1st edition, Massachusetts, Academic Press
- [6] – Vikica Lukić, Prirodoslovna lepeza za mlade znanstvenike - biomasa <http://e-learning.gornjogradska.eu/energijaekologijaengleski-ucenici/4-biomasa/> (13.09.2018.)
- [7] - Što je kogeneracija, <http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/Kogenerac2/kogeneracija> (17.07.2018.)
- [8] - Vincent C. (2014), "Cogeneration benefits & return on investment", Controlled Air, November-December, 14-15.
- [9] - Tehnička dokumentacija firme Hrastović Inženjering
- [10] - Projektna dokumentacija Polytechnic
- [11] - Tehnička dokumentacija tvrtke Valmet d.o.o.
- [12] - Wikipedia - Parni bubanj, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Parni\\_bubanj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Parni_bubanj) (24.08.2018.)
- [13] - Zmagoslav P. (2013.) , Brodski generatori pare, Zagreb, Školska knjiga
- [14] – Boris L. (2012.) - Osnove Primjene Biomase, Zagreb, Energetika marketing
- [15] – Mladen P. (1994.) Toplina i termodinamika, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu
- [16] – Reknagel, Šprenger, Šramek, Čeperković, (2004.) Grijanje i klimatizacija 05/06, Zagreb, Interklima
- [17] – Projektna dokumentacija tvrtke KGV projekt d.o.o.
- [18] – Dokumentacija firme Uni Viridas d.o.o.

## TABLICA SLIKA

Slika 1. Dovoz otpadne sječke na postrojenje Uni Viridas. [2]	9
Slika 2. Prikaz mogućnosti iskorištavanja biomase u obliku raznih energija. [3]	10
Slika 3. Proces biomase [5.]	15
Slika 4. Razlika između kogeneracije i javne elektrane [7]	21
Slika 5. Ilustracija kogeneracijskog postrojenja [5.]	22
Slika 6. Države članice EU sa željenim i ostvarenim brojevima kogeneracijskih postrojenja. [8.]	23
Slika 7. Prikaz temeljnog kruga kogeneracijskog postrojenja Moderator d.o.o. [9]	25
Slika 8. Prikaz idejnog projekta iz 2012. Godine. [18]	26
Slika 9. Pogon Uni Viridasa sa 32 sušare i skladištem sirovina. [2]	27
Slika 10. 3D vizualizacija kotlovskog postrojenja Vrbovsko. [10]	28
Slika 11. Pužni sustav do kotlovnice. [2]	29
Slika 12. Prikaz sustava za stvaranje pare. [11]	30
Slika 13. Podaci parnog kotla. [2]	31
Slika 14. Prikaz parnog bubnja. [12]	32
Slika 15. Prikaz rada ekonomajzera. [18]	33
Slika 16. Pregrijači pare. [2]	34
Slika 17. Propuhivanje čađe na cjevovodu kogeneracije. [18]	35
Slika 18. Sustav za upravljanje kogeneracijskim postrojenjem. [17]	36
Slika 19. Elektroničko upravljanje parnom turbinom. [17]	37
Slika 20. Reduktor između turbine i generatora. [18]	38
Slika 21. Siemens generator kakav je ugrađen u kogeneracijskom postrojenju u Babinoj gredi [18]	39
Slika 22. Prikaz rezervnog generatora. [2]	40
Slika 23. Odlagalište sirovina [2]	41
Slika 24. Natkriveno skladište sirovina. [2]	41
Slika 25. Pogon sušara u Babinoj Gredi. [18]	43